

Las avenidas y calles para la movilidad del futuro

Avenues and streets for future mobility

Javier Ortigosa¹

¹Dr. Ing de Caminos, Àrea Metropolitana de Barcelona, jortigosa@amb.cat

Lluís Pretel²

² Arquitecto, Àrea Metropolitana de Barcelona, lpretel@amb.cat

Nuria Ginés³

³Arquitecta, Àrea Metropolitana de Barcelona, ngines@amb.cat

Ramon Sisó⁴

⁴ Arquitecto, Àrea Metropolitana de Barcelona, rsisó@amb.cat

Palabras clave: Avenidas Metropolitanas, Infraestructuras, Movilidad Sostenible, Movilidad Futura, Plan Director Urbanístico Metropolitano.

Resumen:

Durante el siglo XX la extensión del uso del automóvil creó una explosión de la movilidad interurbana y la consiguiente construcción de redes metropolitanas estructuradas por infraestructuras de tráfico segregadas. Los efectos del transporte viario hacen absolutamente necesario reconsiderar la organización de las ciudades metropolitanas. Es esencial volver a la escala más humana y crear espacios urbanos más inclusivos y habitables. Para que eso suceda es imprescindible rediseñar las estructuras viarias metropolitanas y convertirlas en calles y avenidas que puedan garantizar la continuidad del espacio público, que puedan encajar con la densidad urbana y canalizar flujos de movilidad sostenible.

En el presente trabajo se expone una innovadora jerarquía viaria basada en una red de avenidas y calles. El trabajo se ha desarrollado en el marco del Plan Director Urbanístico Metropolitano (PDU). La metodología propuesta utiliza una serie de indicadores que estiman el espacio público disponible, el potencial para desarrollar una movilidad sostenible, y la densidad urbana y las actividades. Estos indicadores se aplican a todos los segmentos viarios del área metropolitana de Barcelona en su totalidad. Y los resultados indican que sí existe potencial para crear una red metropolitana alternativa basada en la movilidad activa, el transporte público y la intensidad urbana.

También estamos estudiando las intersecciones entre la red que se propone y el sistema viario segregado. Algunos de estos puntos se podrían convertir en nodos de intercambio y centralidades metropolitanas asociadas a nuevas construcciones y transformaciones urbanas. Por último, este estudio analiza la implementación de la citada red viaria a nivel regional, en que las avenidas se transformen en vías interurbanas uniendo ciudades importantes.

Key words: Metropolitan Avenues, Road Infrastructure, Sustainable Mobility, Future Mobility, Metropolitan Urban Master Plan (PDU).

Abstract:

Throughout the twentieth century, the spread of automobile use triggered a dramatic increase of inter-urban mobility. This phenomenon led to creating metropolitan conurbations structured by dense segregated transport networks. The effects of road transport externalities impel to consider how cities should be re-organized. It is crucial to get back to the 'human-scale', creating inclusive and livable urban spaces. Doing

so requires the conversion of the metropolitan road infrastructure into streets and avenues that can guarantee the continuity of public space, support urban density, and channel sustainable mobility flows.

Our paper presents an innovative road hierarchy based on avenues and streets. The work has been developed in the framework of the new Metropolitan Urban Master Plan (PDU). The methodology proposed employs a set of urban indicators that estimate the availability of public space, the potential for sustainable mobility, and the presence of urban density and activities. These indicators are applied to all street segments of the whole metropolitan area of Barcelona. Results show there is indeed potential to create an alternative metropolitan network based on active mobility, public transport and urban intensity.

We are also studying the intersections between the proposed network and the segregated system. Some of these points might become key nodes for intermodality and metropolitan centralities associated to new urban developments and transformations. Finally, this paper analyses the implementation of the proposed network to a regional level where the avenues become inter-urban roads that link many important cities.

Las avenidas y calles para la movilidad del futuro

1. Introducción

1.1. Contexto

En el último siglo el automóvil se ha impuesto como medio de transporte individual y, poco a poco, ha ocupado el espacio y jerarquía en calles y vías. Muchas de ellas han perdido conectividad y continuidad para la movilidad activa (peatones y bicicletas), y se han visto alteradas las funciones y actividades de la calle. Asimismo, los sistemas de transporte público como tranvías o autobuses han perdido eficiencia al ser subordinados al tráfico.

La expansión de este modelo ha llevado a grandes inversiones para construir redes segregadas con un nivel de servicio óptimo para el automóvil. La idea de estos desarrollos ha sido la de tener unos sistemas de movilidad metropolitanos eficientes en tiempo y flexibilidad y descongestionar las ciudades del tráfico (Buchanan, 1963). El efecto ha sido el contrario: la nueva accesibilidad de las infraestructuras viarias ha desvinculado los usos y actividades de los condicionantes del territorio promoviendo unos usos dispersos y segregados, difíciles de servir en transporte público, que crean una demanda cautiva del automóvil.

El caso de Barcelona y su área/región metropolitana es similar al de muchas metrópolis en todo el mundo (Herce, 2009; Corominas, 2017). Partimos de una realidad urbana plenamente reconocida desde hace años (Font, 1997) donde los continuos urbanos del área metropolitana central se descomponen hacia un fragmentado de situaciones, de categorías morfológicas con una génesis y funcionalidad diversas. Encadenados territoriales de núcleos y tejidos, donde el vacío es uno de los valores principales, aglomerados urbanos, extensiones por continuidad, asentamientos dispersos, nodos, etc., se convierten en accesibles a través de un sistema viario polarizado en sus extremos: las vías segregadas y las calles o carreteras locales.

Históricamente, pasamos de un sistema de vías o avenidas de la ciudad que estructuran actividades e interacciones donde el principal vector de movilidad es el transporte público propuestas en el Plan Cerdà, a la escala regional con grandes infraestructuras viarias. El Plan de accesos a Barcelona por carretera de 1950 integrado en el Plan Comarcal de 1953, el Plan de accesos y la red arterial de Barcelona del 1962-63, el Plan Director del Área Metropolitana de Barcelona del 1966, y finalmente el Plan General Metropolitano (PGM) del 1976. Posteriormente, con el Plan de Vías del 1984, Barcelona ciudad (no a nivel metropolitano) a pesar de mantener esta jerarquía para la circulación motorizada, comienza a fijar unos criterios para asegurar un nivel de servicio a peatones.

El dibujo de una red de relaciones entre núcleos, intermedia, cercana a la urbanidad es un desiderátum que reverbera de manera sostenida en los últimos veinte años del proyecto de territorio. En 2010 se aprueba el Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) que ya empieza a marcar un cambio de criterio con mayor énfasis a las redes de transporte público y una nueva clasificación de vías: segregadas (autovías y autopistas), estructurantes, e integradas. A un nivel más local, se han llevado a cabo muchas acciones para recuperar la calidad urbana de las calles y la conectividad de la movilidad activa pacificando calles y zonas centrales, soterrando vías segregadas, o recuperando espacio de grandes arterias de tráfico. Por ejemplo, el Plan de Movilidad Urbana (PMU) del Ayuntamiento de Barcelona (2013-2018) delimita toda una serie de espacios restringidos al tráfico llamados "supermanzanas" que dibuja una red viaria para la movilidad motorizada más restrictiva.

A partir de estos cambios a nivel regional y a nivel local, se hace evidente la necesidad de una nueva articulación metropolitana con un sistema de vías que estructuren la metrópolis y sean el soporte de una movilidad más sostenible y una mayor habitabilidad. Como indican Jones et al. (2007) las calles plantean una dualidad entre elemento de paso y lugar, que es necesario integrar sin que una función deteriore a la otra.

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) está redactando la nueva herramienta de planeamiento urbanístico a nivel metropolitano: El Plan Director Urbanístico Metropolitano (PDU). El PDU apuesta por una movilidad de escala humana (Gehl, 1971; Appleyard, 1981) que sea sostenible (minimice las externalidades), que cohesione y vertebralice el área metropolitana, y que sea eficiente maximizando flujos de personas y no de vehículos (SRPD-AMB, 2019a). Las calles y las avenidas tienen muchas más funciones que únicamente el tráfico motorizado y se deben proteger y mejorar. Igualmente, el espacio es un bien preciado que hay que recuperar para el ciudadano a la vez que se aseguran las continuidades para la movilidad activa (a pie y bicicleta) y la conectividad de los espacios abiertos. En este contexto, una nueva manera de definir las vías y calles de la metrópolis es imprescindible.

Este proceso de transformación metropolitana está sucediendo en muchas ciudades en el mundo. Ya no solamente los ejemplos muy conocidos de reconversión de autopistas en vías con un carácter más pacífico como la Cheong Gye Cheon en Seúl. También, las ciudades empiezan a planificar un sistema de calles diferente al basado en la óptica del vehículo privado. Es el caso de París con los Bulevares Metropolitanos (APUR, 2015) o de Helsinki (Helsinki, 2013) con una visión para el 2050 metropolitana con vías que consoliden la densidad urbana alrededor de las actuales autopistas y éstas cambien también de carácter.

1.2. Las nuevas moviidades

La tecnología nos tiene que ayudar a conseguir los objetivos que se plantean las ciudades: una movilidad más sostenible, una mayor habitabilidad, un menor consumo energético, etc. Pero para ello es absolutamente imprescindible definir estos objetivos porque la tecnología no lo puede hacer por nosotros. Desde la investigación en movilidad se plantea demasiado a menudo la pregunta: ¿cómo nos cambiará la movilidad? Y no tanto: ¿cómo queremos que nos cambie?

Este matiz es importante porque si dejamos que la tecnología se expanda en las ciudades actuales, ciertas soluciones pueden ser depredadoras de los recursos existentes. Desde la ingeniería del tráfico, por ejemplo, se plantea frecuentemente el escenario de una movilidad autónoma. Hay muchos estudios que alertan de los posibles escenarios que se pueden generar (e.g. Zakharenko, 2016; Duarte y Ratti, 2018). Si pensamos que los coches son autónomos y por tanto pueden ser gestionados y maniobrados independientemente tendremos un mayor flujo de vehículos por el mismo espacio (cuando se elimina el factor humano, los tiempos de reacción y la gestión de las intersecciones es mucho más eficiente). Aparte de una nueva concepción de estar en el vehículo porque podremos hacer actividades muy diversas. En este escenario, si no hacemos nada para regularlo podríamos tener un incremento de tráfico en las ciudades y de dispersión urbana hasta el extremo de tener regiones metropolitanas de cientos de km. Históricamente, cuando el coste de la movilidad ha bajado a causa de las nuevas tecnologías, ha aumentado la movilidad, la ocupación del territorio, el comienzo y los flujos de mercancías.

El gran reto es por tanto como canalizar las ganancias de la tecnología hacia un modelo más sostenible. Por ello, la estructura que definimos, el espacio que posibilitamos, la priorización de modos y tipos de movilidad que hacemos, y como urbanizarlo, será clave. Según Duarte y Ratti (2018) la reducción del tráfico sólo será posible si la regulación urbana es, paradójicamente, más rígida.

La idea de una calle más habitable está muy relacionada a un menor tráfico y una mayor interacción social (Appleyard, 1981). Es necesario proteger aquellos valores que consideramos más preciados: un espacio público abundante y de calidad, un modelo de ciudad compacto de proximidad, una movilidad que consuma pocos recursos de espacio y energéticos por cápita. Por ese motivo es muy importante regular y planificar el espacio urbano y las estructuras viarias según esos criterios. No podemos prever qué tipo de tecnología de movilidad se utilizará en el futuro, pero si podemos asentar las bases para que las nuevas moviidades nos ayuden a conseguir una ciudad más habitable.

1.3. Escenario Post-COVID

El efecto del Covid puede tener implicaciones en la movilidad y en el urbanismo de las ciudades. Aunque no es posible, todavía hacer estimaciones cuantitativas de éstos, observamos ciertas tendencias muy relevantes. Des del punto de la movilidad, en el corto plazo, la demanda se irá incorporando a la red. Sin embargo, creemos que esta demanda no será igual que la anterior por motivos como la racionalización de la movilidad personal (especialmente de ocio), una cuota importante de teletrabajo que puede permanecer, y la crisis económica y sus efectos sobre el empleo y el consumo.

Parece que las diferentes ciudades europeas, en mayor o menor medida, están apostando por la movilidad sostenible potenciando una movilidad activa de proximidad otorgando espacio a modos no motorizados. En este contexto, el transporte público debe garantizar un distanciamiento entre personas que sea aceptable. Por lo tanto habría que, por un lado, intentar reducir la demanda amortiguando la hora punta con horarios flexibles y un mayor teletrabajo. Por otro lado, las ciudades tendrían que incrementar la oferta del transporte público y para ello es imprescindible incrementar las velocidades comerciales que necesitaran de mayor prioridad de espacio y jerarquía.

Estos objetivos van absolutamente alineados con el sistema de vías que se propone en el presente estudio y por lo tanto vemos cómo el resurgir de esta crisis puede catalizar cambios importantes en relación a un equilibrio del espacio público, una mejora de la habitabilidad urbana, y una movilidad más sostenible. Evidentemente, a largo plazo, se pueden suceder cambios en las dinámicas sociales y los modelos territoriales que habrá que estudiar con detenimiento.

1.4. Objetivos y estructura

A partir de una visión transversal de la movilidad y urbanismo, el presente estudio tiene como principal objetivo el de definir una estructura de vías metropolitanas para las urbes del futuro que se base en criterios de movilidad y desarrollo sostenible. Esta taxonomía se basa en una metodología cuantitativa con indicadores urbanísticos y de movilidad (a partir de datos de fácil obtención por las administraciones) para la identificación y análisis de los tramos viarios y su posterior clasificación.

Nuestro caso de estudio es el área metropolitana de Barcelona y tanto la definición de estas vías como la metodología de análisis se ha desarrollado en el contexto de la redacción del PDU. Los resultados son una serie de cartografías que pueden ayudar a la toma de decisiones. Adicionalmente, este trabajo reflexiona cómo esta estructura viaria interacciona con las principales infraestructuras segregadas de la movilidad, y cómo se debería extender a una escala regional.

Este artículo se estructura en los siguientes apartados: en la sección 2 se definen los conceptos de la estructura viaria propuesta; en la sección 3 se presenta la metodología basada en indicadores; en la sección 4 se muestran los resultados en el caso del área metropolitana de Barcelona y se analizan los indicadores más relevantes; en la sección 5 se extrapola este modelo a nivel regional; finalmente, la sección 6 repasa los principales hallazgos de este trabajo y propone trabajos y sinergias futuras.

2. Una nueva red urbana basada en avenidas y calles

2.1. Sistema de vías propuesto

En esta sección se presenta la taxonomía de vías conforme se concibe el territorio metropolitano y que recoge el documento de Avance del PDU (Avanç del PDU, 2019). Con este sistema de vías se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Recuperar las continuidades metropolitanas, vertebrando barrios y municipios, proporcionando cohesión social y sentimiento de identidad metropolitana.
- Priorizar la movilidad activa y garantizar un espacio público de calidad.

- Maximizar los flujos de personas apostando por un transporte público de altas prestaciones.
- Integrar el planeamiento urbanístico y la planificación de la movilidad ligando accesibilidad e intensidad de usos urbanos, el *Transit Oriented Development (TOD)* (Calthorpe, 1993).
- Agrupar las diferentes redes de movilidad existentes en unos elementos físicos comunes.

Las vías se clasifican en:

Avenidas metropolitanas

Las avenidas metropolitanas tienen que ser los principales ejes estructuradores del territorio y no las vías segregadas, recuperando y proporcionando auténticos vínculos y sentimiento de pertenencia a los ciudadanos, poniendo en valor los trazados históricos y cohesionando núcleos y centros metropolitanos. Las avenidas deben garantizar los flujos y la continuidad de la movilidad sostenible (el transporte público colectivo y la movilidad activa), soportando un espacio público de calidad, y promoviendo una mayor intensidad de usos en su perímetro con una cierta continuidad a lo largo de la vía, respetando las peculiaridades del entorno por el que transcurren.

Estas vías deben contener los canales del transporte público en superficie y al mismo tiempo deberán garantizar la continuidad tanto de la movilidad activa como de otro tipo de movilidad (individual, logística, emergencias, etc.). Las avenidas metropolitanas tienen que recuperar el carácter perdido de una movilidad a escala humana y un desarrollo de las actividades de acuerdo con ésta. La intensificación urbanística a su alrededor (con parámetros urbanísticos adaptados a las condiciones del entorno) es la clave del éxito que podrá posibilitar la mejora de sus secciones y la continuidad de la movilidad sostenible y de la infraestructura verde. Con una concentración de usos (Figura 1b) y de complejidad urbana estos corredores se situarán como espacios centrales y de referencia y no como simples canales de tráfico. Sólo así, se conseguirá la demanda y la oferta para una movilidad más sostenible, un modelo TOD.

a)



b)

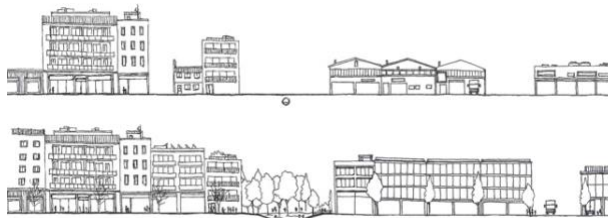


Fig. 01. a) Dibujo orientativo de una avenida metropolitana (F. Ibarz ©); b) y su intensificación (Avanç del PDU, 2019).

Calles metropolitanas

Las calles metropolitanas estructuran los diferentes tejidos de la metrópolis y complementan el sistema metropolitano de avenidas metropolitanas con una mayor capilaridad. Su carácter es también el de potenciar las continuidades intermunicipales la accesibilidad y conectividad de los diferentes lugares, y promover la movilidad sostenible.

En algunos casos, la planificación de municipios sin considerar la óptica sistémica ha roto ciertas conexiones metropolitanas. La red de calles tiene como función recuperar esta malla básica que es importantísima para

el transporte público en superficie – como ha sucedido en Barcelona (Estrada et al., 2011) – permitiendo una cobertura más equilibrada y mejores velocidades comerciales. El carácter de estas vías debe potenciar la movilidad sostenible asegurando la continuidad del transporte público colectivo, y de la movilidad activa. Sin embargo, la tipología es muy heterogénea y puede haber desde calles con mucho tráfico e intensidad a algunas que estructuran tejidos residenciales, u otras que vertebran polígonos de actividad económica, incluso espacios abiertos.

Conectores, ejes verdes, y caminos

El objetivo principal de este estudio es la identificación de calles y avenidas. No obstante, des del PDU se han clasificado las demás vías que estructuran el territorio metropolitano. Los conectores metropolitanos son aquellas vías interurbanas que conectan núcleos urbanos separados por espacios abiertos y enlazan con vías segregadas. Estos conectores tienen un rol clave también para asegurar la continuidad de las redes ciclables y caminables y ayudar a superar la fragmentación de las infraestructuras segregadas. Manteniendo la asignación de espacio actual, deben poder acoger un nivel de servicio mínimo para la movilidad activa y permitir espacios para la correcta parada de vehículos de transporte público.

Los ejes verdes son recorridos urbanos donde la presencia de vegetación y de la movilidad activa - tienen prioridad. En algunos casos estos recorridos coinciden con alguna de las vías anteriores y tienen que compatibilizar los usos de la calle. Asimismo, el equivalente a estos ejes verdes en los espacios abiertos son los caminos metropolitanos. Son vías que tienen como único soporte la movilidad activa y vehículos de soporte agroforestal y cohesionan el área metropolitana recuperando lazos históricos y vertebrando espacios abiertos.

Corredores metropolitanos

Los corredores metropolitanos son las principales vías segregadas del territorio, incluyendo los nudos y enlaces entre ellas. Estas vías aseguran la continuidad, eficiencia y seguridad de los flujos de movilidad, y, tendrán que, gradualmente, potenciar una asignación más eficiente en términos de espacio y externalidades a partir del transporte colectivo en superficie. Además, se deberá tratar, desde una óptica posibilista, la integración de estos corredores con la ciudad y la infraestructura verde. Esta integración junto con la accesibilidad potencial al transporte público de estas vías puede generar una serie de sinergias haciendo aflorar lugares de oportunidad y nuevas intensidades urbanas. Aunque no son objeto del presente estudio, el futuro de la movilidad metropolitana pasa por repensar estas vías.

2.2. Cruces y nodos metropolitanos

Las anteriores vías se cruzan en unos espacios o nodos que por su importancia deben tratarse de manera específica. Estos nodos tienen la capacidad de generar espacios clave en el territorio ya que son lugares donde se produce una confluencia de flujos. Los cruces entre avenidas metropolitanas serán espacios de centralidad urbana mientras que los cruces entre corredores segregados y avenidas metropolitanas son clave para la estructuración intermodal de la movilidad y, en muchos casos, la puerta de entrada a tejidos urbanos. La relación entre la avenida y la vía segregada debe ser de transferencia de la persona y no de subordinación. Así, en estos nodos, se realizará un intercambio modal y acogerán toda una serie de servicios relativos a la movilidad (aparcamientos disuasorios, aparcamientos para bicicletas, paquetería, etc.).

La lectura sintética y analítica de una malla de nodos y enlaces, debe ir pareja al papel decisivo que ofrecen los tejidos urbanos, espacios libres o mosaicos agroforestales, desde la condición del lugar, aportando diversidad y variación al leitmotiv principal de la avenida metropolitana, hasta la condición social y económica. Por un lado, el incremento de accesibilidad del transporte público conlleva una intensificación de los usos ubicados sobre las avenidas y trazados. Su reconocimiento las convierte en espacios de

oportunidad, catalizando procesos urbanos, en tanto en cuanto pueden diversificar o paliar las carencias del tejido contiguo, ubicando servicios y equipamientos de mayor concurrencia o aportando diversidad y mezcla de nuevas tipologías arquitectónicas residenciales o de actividad. Por otro lado, el menor alcance de la red ferroviaria encuentra en las avenidas metropolitanas y en el transporte público especializado por vías segregadas, un refuerzo en la mejora de la accesibilidad y de la conectividad de polaridades (equipamiento, actividad, ocio) y centralidades territoriales más alejadas de las estaciones.

El valor de esta ciudad-mosaico-territorial (Llop, 2012; Llop et al., 2016), ligada al “vacío”, reside también en los espacios de interés por su actividad agraria y ecosistémica. Entendiendo pues la infraestructura verde como una parte inseparable del proyecto de territorio, de ciudad, de lugar, el papel de la avenida como soporte de la movilidad activa, así como de otras categorías (ejes verdes, conectores ambientales), propiciará la mejora en la relación de la población con su entorno natural, ya sea, en clave de salud y de actividad económica agraria, a la vez que reforzará o creará una nueva identidad paisajística.

3. Metodología y aplicación para la identificación de vías

El trabajo presentado en este artículo se basa en una metodología cuantitativa que combina diversos indicadores urbanos, y tiene como objetivo medir el potencial de cada calle para formar parte de la estructura metropolitana. La cartografía resultante quiere ser un soporte para la toma de decisiones en planificación urbana y también para la posterior evaluación de la implementación de políticas urbanas.

El análisis de redes de transporte es un tema muy tratado en la investigación donde los entramados urbanos se analizan a partir de medidas topológicas de grafos, medidas de centralidad o de gramática espacial. Evidentemente, existe también mucha literatura de diseño y jerarquización de las redes de transporte según la lógica de la ingeniería de tráfico y de visiones clásicas o segregadas de la organización del territorio. Afortunadamente, en los últimos años, esta tendencia está cambiando y cada vez hay más trabajos donde se aboga por planear las calles desde muchas perspectivas y variables distintas (Marshall, 2004; Liu et al. 2016). Esta visión transdisciplinar es uno de los principales valores de este trabajo.

En el planeamiento urbanístico es común representar y volcar información muy diversa sobre delimitaciones de usos del suelo (parcela, manzana, barrio, etc.) mientras que el espacio viario queda relegado a un análisis de los flujos de movilidad. En este artículo cambiamos esta perspectiva tratando las calles como elementos que representan muchos otros factores.

Así, simplificamos la red de calles en unidades de representación: los tramos entre cruce (o nodo) y cruce. De esta manera, cada tramo de calle es un elemento al que se le asocia un valor para cada indicador considerado y que representa una magnitud de su entorno. Este análisis permite analizar la calle y su entorno desde una perspectiva más transversal relacionando la movilidad con otras variables urbanas.

3.2. Indicadores sobre las vías

El número y tipo de indicadores elegidos para priorizar las vías es un compromiso entre los datos disponibles, y el intentar dar la visión más transversal posible y no únicamente basada en criterios de movilidad. Evidentemente, esta propuesta es particular del ámbito de estudio, y no siempre se podrá extrapolar en su integridad a otras ciudades. Sin embargo, se considera que es lo suficientemente flexible como para que se pueda adaptar a otros lugares si se mantiene la esencia del tipo de indicador aunque éste varíe.

Esta flexibilidad se basa en considerar que el conjunto de indicadores deben ser variables simples, fácilmente estandarizables (0-1), discretizables y agregables. El valor resultante no es más que la suma de la puntuación de cada variable. Los indicadores considerados tienen que reflejar los 3 principales atributos a potenciar de las vías: i) un espacio público de calidad; ii) unos flujos importantes de movilidad sostenible; iii) intensidad urbana y centralidad. La idea es que el resultado pueda reflejar que vías cumplen con más de estos requisitos

y que por lo tanto son más factibles de consolidarse. En la Tabla 1 se detallan todos los indicadores utilizados y en la sección 4 se muestra su aplicación.

El espacio público de calidad está muy relacionado con la movilidad activa y el espacio y comodidad disponible para peatones y para recorridos ciclistas. Es por este motivo que en esta categoría se ha priorizado el potencial para ser una vía caminable y ciclable por lo tanto que tenga una pendiente adecuada, presencia de verde, y que se considere un trazado importante para el peatón y la bicicleta.

En cuanto a las variables relativas a la movilidad, se han escogido cuatro indicadores según los flujos de movilidad tanto en transporte público como de vehículo privado. La lógica de considerar también los niveles de tráfico es la de no segregar por movilidades y que vías con intensidades altas puedan, en el futuro ser canales de movilidad sostenible si se reequilibra la asignación de espacio.

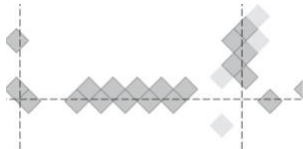

Finalmente, para cuantificar la intensidad urbana y centralidad se han utilizado indicadores más complejos aunque también fácilmente aplicables. El *betweennes centrality* (Freeman, 1977) indica una posición más central de una calle respecto a otras y se utiliza habitualmente en análisis de redes urbanas (Zadeh y Rajabi, 2013), de hecho Mercadé et al. (2019) aplican este sistema al área del Vallés Oriental. Asimismo, se utilizan indicadores de densidad y mixtura (Zagorskas, 2016), ancho de la vía, y se priorizan aquellos trazados consideradas como patrimoniales (Navas et al., 2017).

3.3. Agregación y puntuación

Cada uno de los indicadores anteriores se ha estandarizado y, en la medida de lo posible, discretizado entre 0 y 1. Al haber un número elevado de indicadores, este tratamiento discreto permite una mayor simplificación de representación y jerarquización de vías. Lo que consideramos para asignar el valor 1 o 0 es si el tramo cumple con un cierto percentil de cada valor. Por ejemplo, si consideramos flujos de tráfico, el 40% de vías con mayor tráfico se les asigna 1, mientras que se considera 0 el 60% restante. En este estudio cada variable cuenta por igual, es decir, que cada indicador suma como máximo 1 punto al valor total. No se ha valorado una ponderación por indicadores por la complejidad y el enorme número de escenarios y combinaciones que se pueden realizar.

Finalmente, por regla general, las áreas metropolitanas son territorios muy heterogéneos y las características de las calles son muy diferentes en el centro de la ciudad que en otros lugares. Por ese motivo, puede resultar adecuado dividir la región en pocos distritos o ámbitos y analizar las puntuaciones de forma relativa a las calles de ese ámbito.

Tabla 1. Los indicadores considerados.

Espacio público		
Bicivia. La red Bicivia (AMB, 2017) proyecta unos ejes que tendrán carriles bici para asegurar la conectividad entre municipios metropolitanos.		
Infraestructura verde. Definida en el marco del PDU (SRPD-AMB, 2019b) consta de un sistema de itinerarios cívicos y verdes, de carácter metropolitano, que vertebran la metrópolis.		
<p>NDVI. El <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI), extraído con imágenes del satélite <i>Copernicus</i> de la U.E., aporta información sobre la presencia y calidad de la cubierta vegetal en píxeles de 10x10 m. El NDVI calcula la proporción de estos píxeles que intersecan con el espacio de la calle. Una mayor proporción de píxeles con NDVI > 0,6 (correspondiente a vegetación muy densa y vigorosa) significa que a corto plazo esta vía tiene un mayor potencial de espacio caminable de calidad.</p>		
<p>Pendiente. Un factor determinante para favorecer la movilidad activa es la pendiente. Siguiendo las recomendaciones de AMB (IDOM, 2014) conviene no establecer recorridos en aquellos tramos superiores al 5%. A partir del modelo de elevaciones del terreno 5x5m (ICGC, 2013) obtenemos la pendiente promedio de todos los enlaces.</p>		
Movilidad sostenible		
Metro - FGC. Parte de la red ferroviaria urbana se construyó aprovechando calles ya existentes. Vías coincidentes con el sistema ferroviario soterrado ofrecen grandes posibilidades para reforzar el transporte público en superficie.		
Tranvía. Las calles por donde circula la red de tranvía se consideran prioritarias para el flujo de transporte público.		
Demanda bus. La red de autobuses es muy extensa pero hay unos canales por donde se concentra un mayor número de servicios. A partir de datos agregados de demanda diaria de autobús se seleccionan los tramos más concurridos.		
Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos. El número total de vehículos motorizados que pasan, durante un día medio por un tramo de la vía. Los datos utilizados provienen de un modelo de simulación utilizado en el PMMU (2019) y se seleccionan las vías con mayor valor agregado de tráfico.		
Intensidad y centralidad		
Betweenness centrality. Medida de centralidad obtenida a partir de Sevtsuk et al. (2016) realizando rutas de mínima distancia desde cada intersección del dominio de 5 km de radio a todas las otras (se han tenido en cuenta los enlaces viarios con la región metropolitana para evitar el efecto borde). Los enlaces que acumulan más rutas se consideran más centrales.		
<p>Intensidad. Medida a partir de la superficie y mixtura de los distintos usos (tanto residenciales como de actividad económica) de las parcelas que dan fachada a los distintos ejes de la metrópolis. Se traslada la información de los distintos usos de catastro a los ejes de las calles más próximas.</p>		 $Intensidad = \rho_T \cdot \left(-\frac{R \cdot \ln(R) + U \cdot \ln(U)}{\ln(2)} \right)$ <p>Donde ρ_T es la densidad de techo total asignada a un segmento de calle y estandarizada entre 0 y 1. R es la proporción de suelo residencial, y U la proporción de los otros tipos de suelo.</p>
Vías históricas. Conjunto de vías que pertenecían a la red de carreteras y calles históricas que unían los núcleos urbanos y vertebraban el territorio clasificados por Navas et al. (2017).		
Sección de calle. Una sección de calle más ancha implica una mayor capacidad para la movilidad sostenible y un espacio público de calidad. Se seleccionan las calles a partir de 20 m de sección que permite las diferentes funciones de la vía. Para el cálculo del ancho se ha tenido que crear una metodología <i>ad hoc</i> con segmentos perpendiculares (cada 5 m) que a partir de su cribado y promedio se obtiene el ancho efectivo de cada vía.		

4. Resultados en el área metropolitana de Barcelona

4.1. Resultados

En esta sección se presentan los resultados al aplicar este sistema de indicadores al Área Metropolitana de Barcelona, territorio de 3,2 millones de habitantes i 636 km². A partir de ICGC (2011) se ha simplificado la red creando más de 70.000 segmentos sobre los cuales se ha volcado la información de los diferentes indicadores.



Fig. 02. Las calles del AMB consideradas.

De todos los indicadores presentados en la Tabla 1, hay algunos que son de lógica discreta, pertenecen o no, por ejemplo, el formar parte de la red BiciVía. Sin embargo, hay otros indicadores que su lógica es continua y que se ha decidido discretizar. De esta manera se simplifica la asignación de atributos a cada vía pero por otra parte se incluyen nuevas hipótesis que dependen de factores subjetivos. Tal y como muestra la Figura 3 hemos analizado las distribuciones de los indicadores continuos y para cada uno de ellos hemos establecido un umbral a partir del cual se considera o no un valor como significativo.

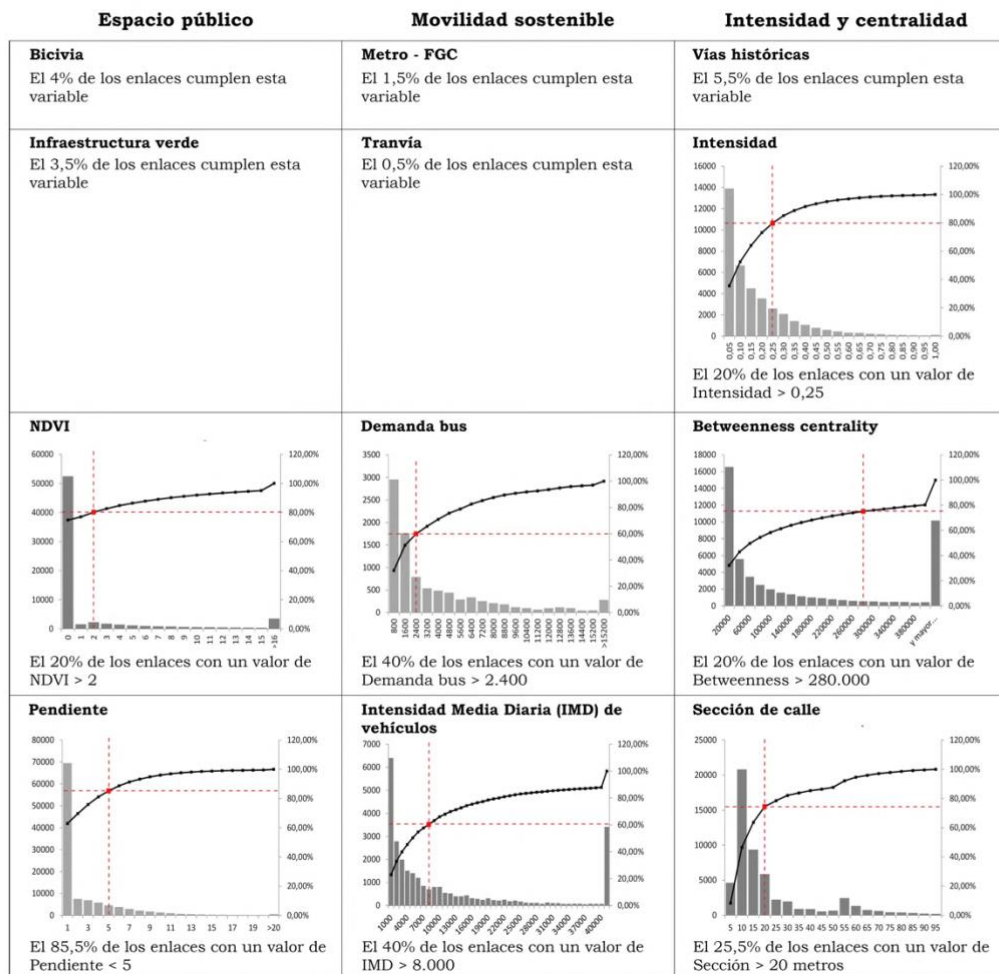


Fig. 03. Histogramas y criterios de elección de cada indicador.

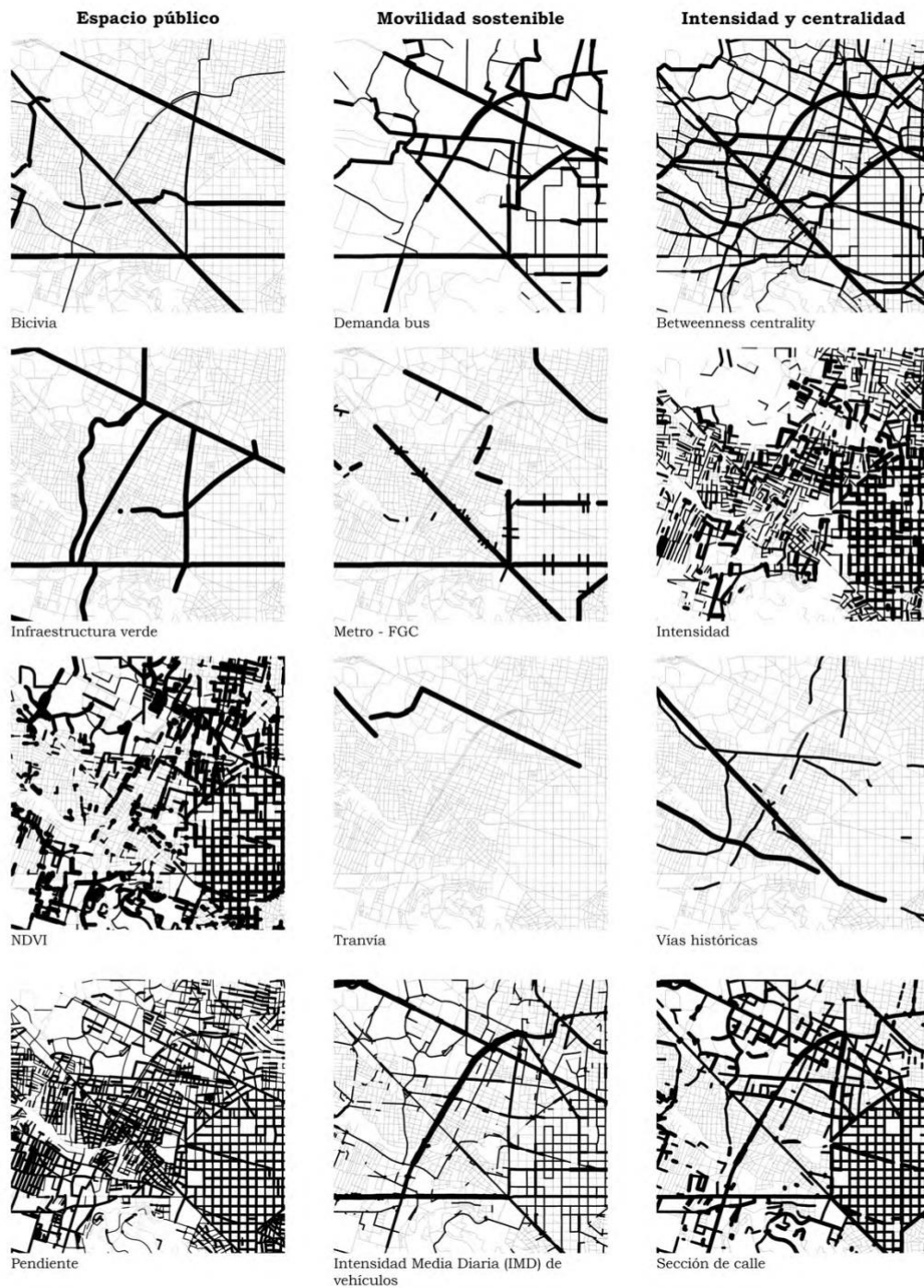


Fig. 04. Ejemplo de los valores de cada indicador en un ámbito de detalle.

La agregación de todos los valores de cada indicador nos produce el siguiente plano representado en la Figura 5 y que es una de las principales cartografías de este proyecto. En él se observan los trazados con mayor potencial para convertirse en las futuras avenidas y calles metropolitanas.

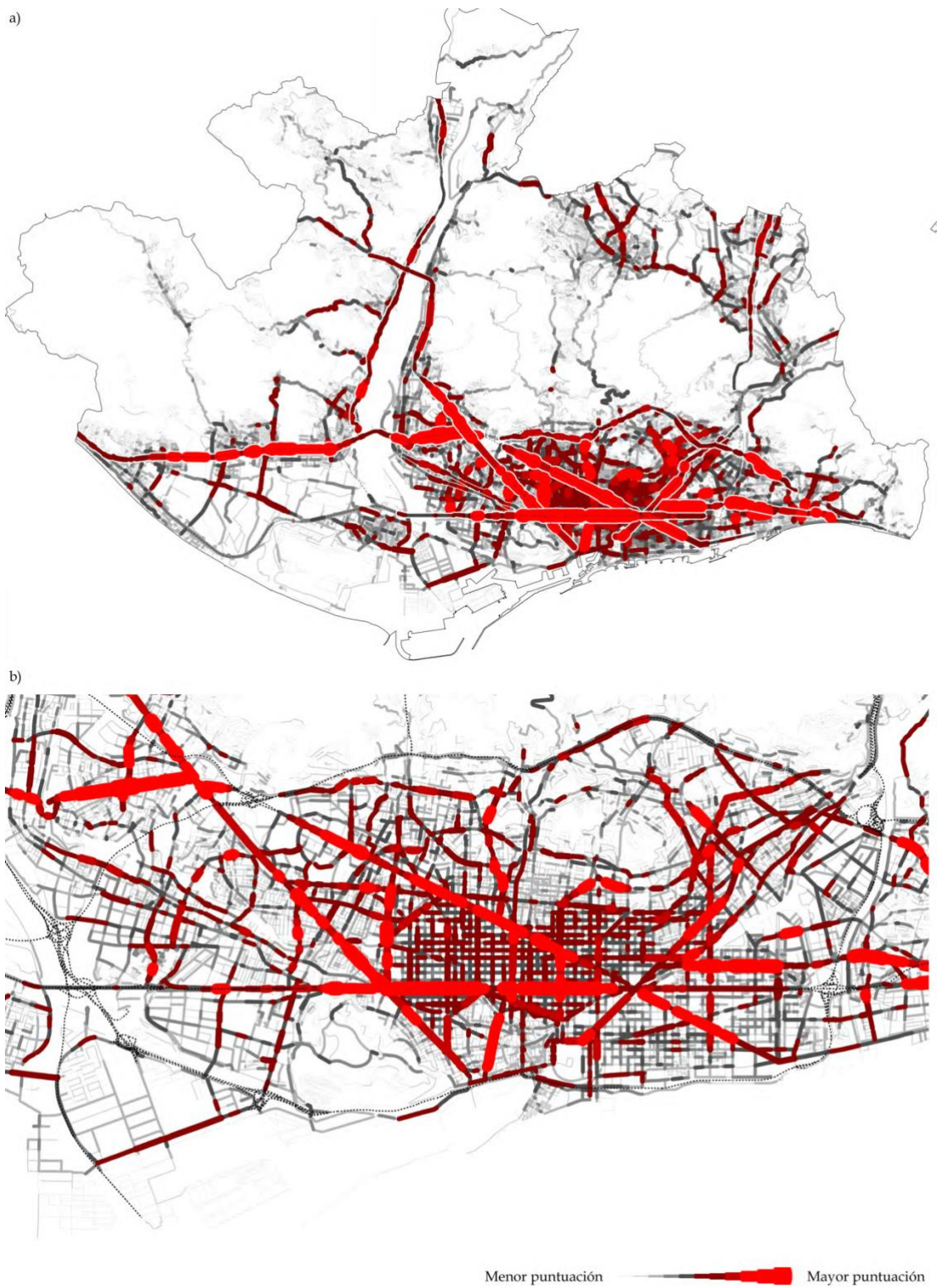


Fig. 05. Resultado final con las puntuaciones por eje para el Área Metropolitana (a) y la conurbación central (b).

Finalmente, a partir de los resultados de la priorización de las calles, en la Figura 6 se determinan todos aquellos puntos que podrían tener un cierto potencial para llegar a ser nodos y centralidades importantes y así posibilitar la transferencia de modo y de tipo de red. Se han representado todas aquellas estaciones ferroviarias de metro, FGC y ADIF, por una parte; todas aquellas intersecciones entre vías con puntuación alta que podrían generar las centralidades urbanas antes mencionadas, y aquellos puntos entre vías seleccionadas y las infraestructuras segregadas viarias, que podrían llegar a ser estaciones de transferencias o puertas al entramado urbano.

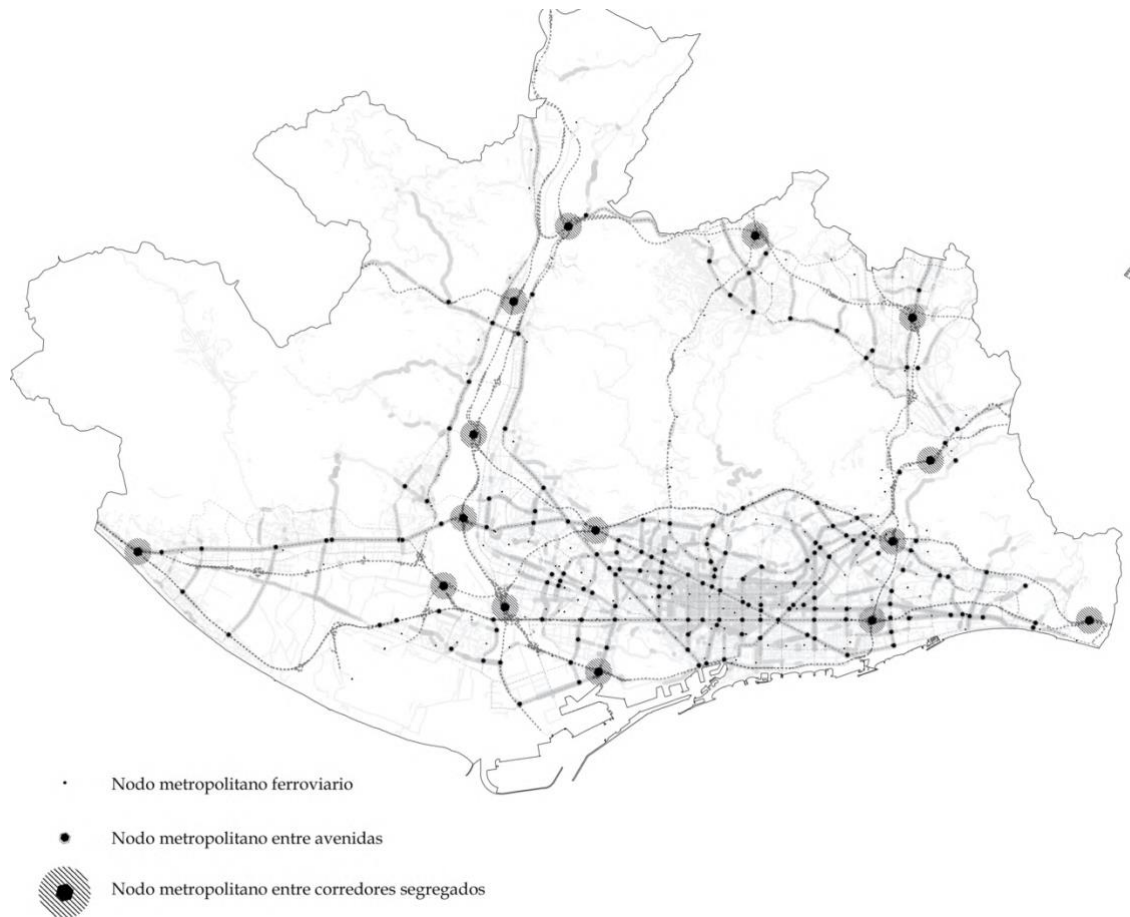


Fig. 06. Intersección de las vías analizadas con el sistema viario segregado, y nodos ferroviarios.

4.2. Análisis de los resultados

En el apartado anterior se ha obtenido un plano con una jerarquización de vías determinada de las cuales se han seleccionado las que más puntuación presentan. Podemos observar lo siguiente:

Concentración en el Eixample. La región central de Barcelona (delimitada por Numancia/Tarragona-Travessera-Gran Via-Av. Meridiana) tiene una gran concentración de vías con puntuaciones altas. Esto es consecuencia de diversos factores. El primero es que el *Eixample Cerdà* tiene una estructura reticular con una intensidad urbana y presencia de actividades y calles anchas. El segundo es que se trata del centro neurálgico de una metrópolis radial donde se concentran los mayores flujos de movilidad y la oferta de transporte público. El tercero es que Barcelona sí que dispone de una planificación y estructura de sus vías de del Pla de Vies de 1984. Finalmente, cabe remarcar que aunque esta zona tiene un déficit de suelo permeable, la gran presencia de arbolado vigoroso representa unos valores de NDVI altos al medirse la canopia.

Discontinuidades viarias y zonas de pendiente. En la Figura 5 se representa muy claramente las discontinuidades de puntuación en las zonas con gran pendiente o, obviamente, espacios abiertos, y las zonas con presencia de infraestructuras segregadas de movilidad. Esto es especialmente claro fuera del ámbito intra-rondas donde la concentración de vías con altas puntuaciones disminuye mucho.

Trazados importantes metropolitanos para las nuevas avenidas. Fuera del ámbito intra-rondas se distinguen unos trazados metropolitanos muy claros, muchos de ellos coincidentes con carreteras históricas. Estas vías tienen un gran potencial para convertirse en avenidas metropolitanas y así crear la estructura metropolitana al nivel de escala humana que se persigue.

Baja visibilidad de otras vías en el ámbito metropolitano. Se observa que el nivel de puntuación baja muy considerablemente al salir de la zona de la conurbación metropolitana. Aunque la ciudad central tiene una concentración de actividades y servicios muy importante, también es cierto que el tipo de tejidos urbanos no son uniformes y el nivel de ciertos indicadores tiene otros rangos diferentes que en la ciudad central. Esto llevaría a la necesidad de realizar un análisis de los mismos indicadores, pero teniendo en cuenta la distinta morfología territorial en vez de la delimitación administrativa del área metropolitana.

El gran potencial de articulación de los nodos viarios. Las intersecciones entre la red segregada y las vías de mayor puntuación representan grandes oportunidades para una nueva movilidad basada en la transferencia de la persona y no en la jerarquía viaria. Los puntos representados en la Figura 6 podrían ofrecer muchas oportunidades de desarrollo urbanístico con una mejor integración urbana y ser centralidades metropolitanas además de nodos de una red territorial viaria basada en el transporte público de altas prestaciones.

5. Redes compartidas, redes coordinadas: la visión territorial

Estirando las relaciones y las avenidas planteadas en el PDU hacia la región metropolitana, debemos plantearnos, entre otros: el carácter de la avenida metropolitana, el valor de la red como estructura de una urbanidad territorial, su adaptación y la singularización de los núcleos y centros que une, y los parámetros de su identificación y análisis. Las mismas avenidas urbanas metropolitanas, principalmente sobre las carreteras históricas, son las que configuran en buena medida, el soporte original y posterior desarrollo de los sistemas urbanos de la segunda corona (Esteban, 2003), sin olvidar la importante evolución de los asentamientos a través de las infraestructuras ferroviarias y las vías segregadas.

Carreteras que derivan en calles; calles que por su volumen de circulación segregan barrios; cambios repentinos de sección; acceso directo a polígonos industriales o a racimos de urbanización dispersa; ubicación de elementos periurbanos, *terrain vagues*, espacios residuales; recorrido entre espacios libres y vacíos intermunicipales con valores ambientales, agrarios y paisajísticos, constituyen el repertorio de imágenes del proceso de ocupación del territorio.

Si bien es cierto que en general, a lo largo de estos años el diseño de trazados alternativos o de variantes viarias ha permitido la integración urbana de dichas travesías, las notables intervenciones han sido parciales, acotadas por la lógica municipal, que excluye la comprensión geográfica de su entera longitud, reincorporando el antiguo rol, de carretera a calle / avenida, como un hilo urbano que integre los distintos modos de movilidad sostenible.

Las consideraciones enfocadas en la mejora de esta categoría deben dirigirse hacia la incorporación de funciones ausentes o sin solución de continuidad física y funcional (transporte público, movilidad activa, servicios urbanos metabólicos). Además, deben complementarla mediante un enfoque unitario con el resto de las categorías que conforman la red de movilidad: vías segregadas, calles, ejes verdes y caminos. Además, la intersección de esta malla entre sí, y mayormente con el sistema ferroviario, debe propiciar el intercambio entre los modos de transporte, ajustando y coordinando las ofertas, reforzando el diseño en su conjunto, mediante estrategias de intervención comunitarias sobre el transporte público de personas y de mercancías (última milla).

En cualquier caso, la intervención global sobre las redes, ya sea relacionando entre sí las centralidades y núcleos del arco metropolitano, sea compensando dependencias urbanas radiales de los servicios ferroviarios, o también mejorando la relación con el área central, debe considerar los aspectos inductores de movilidad, principalmente la ubicación de los usos en el territorio y las diferencias en el nivel de autocontención municipal, es decir, la gestión del desajuste entre la población ocupada residente y lugares de trabajo localizados. En este sentido, en los últimos años, las ciudades de la Región, como Sabadell y Terrassa, sobre los cuales debiera recaer un papel referencial, de centralidad, inclinan el desequilibrio hacia la residencia y, por lo tanto, incrementan la dependencia de la actividad desempeñada en el área metropolitana central -Anejo 6 Avanç del PDU (2019).

Por otro lado, dentro de esta segunda corona, la regulación física de la avenida como canal prioritario de transporte público, influirá en el trasvase de flujos a otras categorías, y en la disuasión del empleo del vehículo privado. Este hecho, permite a su vez, la mejora de las velocidades comerciales del transporte de pasajeros, sea intermunicipal como local.

Principalmente, en el análisis, identificación y categorización de estas vías, se emplean como punto de partida las categorías designadas por el vigente PTMB como “vías estructurantes” y “estructurantes suburbanas”, sean primarias o secundarias. Sin menoscabo que el estudio proponga otras categorías (vías segregadas y estructurantes locales) para la compleción funcional de la red, éstas responden a los atributos anunciados anteriormente, por su continuidad con la red propuesta por el PDU, y por la coincidencia en la atribución de funciones descrita en la normativa y memoria del vigente Plan territorial (capítulo IV. Normas de ordenación territorial).

Los principales ejes que formarían parte de esta red continua con la aglomeración metropolitana central son, entre otras:

- La recuperación de las relaciones a lo largo de la fachada litoral
- Los ejes de la Vall del Tenes y del Congost sobre los asentamientos residenciales y de actividad
- El eje de la riera de Caldes
- El eje de Montcada i Reixac – Ripollet – Barberà del Vallès – Sabadell.
- La remodelación urbana del sistema urbano Cerdanyola – Barberà - Sabadell
- El eje histórico Cerdanyola, San Cugat del Vallès, Rubí y Terrassa
- El diseño de la interpolar como un eje cívico, desde Santa Perpetua de Mogoda – Barberà del Vallès – Sabadell - Badia - Cerdanyola – Sant Cugat – Rubí, y su unión con el ámbito riera de Rubí
- El eje del Llobregat, enlazando con la rúa de Martorell
- La continuidad cívica de la carretera Reial hasta Vallirana

Con una intensidad inferior, pero con capacidad de estructurar relaciones existentes, mejorando la integración de sus características físicas y la implementación de nuevas funciones, se encontrarían los trazados siguientes:

- La vialidad cívica en el margen izquierdo del Besós
- El eje de La Llagosta – Polinyà – Sentmenat



Fig. 07. Extensión hacia la Región Metropolitana de Barcelona y las vías que podrían conectar con el sistema analizado.

6. Conclusiones

En los últimos 60 años, los territorios metropolitanos se han desarrollado y estructurado desde la perspectiva de la movilidad privada. Este hecho ha creado una serie de impactos positivos, pero también muchos negativos asociados a las externalidades del tráfico. Desde el punto de vista urbanístico, estas redes han condicionado de manera muy significativa el desarrollo urbanístico y han roto, en muchos casos, continuidades urbanas y segregado barrios y municipios.

Por ese motivo, las ciudades necesitan recuperar una movilidad a escala humana y así cohesionar los diferentes núcleos metropolitanos en una red de centros unidos por calles y avenidas que promuevan un espacio público de calidad, relacionen la intensidad urbana con la accesibilidad al transporte público (Recio et al, 2018), y prioricen la movilidad más sostenible. Esta estructura urbana tiene que ser el soporte de nuevas movilidades futuras que tengan como denominador común una mayor sostenibilidad.

En este estudio presentamos una taxonomía para redefinir la estructura de vías de una ciudad metropolitana y una metodología a partir de diversos indicadores para identificar qué calles tienen un mayor potencial para pertenecer a dicha estructura. Este trabajo está enmarcado en la redacción del Plan Director Urbanístico Metropolitano (PDU) del Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y tanto la clasificación como la metodología está particularizada a este ámbito.

Nuestra visión da a las avenidas y calles una perspectiva mucho más amplia que simplemente la de ser elementos del soporte de la movilidad. Por ese motivo, el presente artículo describe la metodología que se ha llevado a cabo utilizando toda una serie de indicadores que quieren ser representativos del potencial de cada vía para generar espacio público de calidad, un soporte para la movilidad sostenible, y tener un carácter central y dotar de intensidad urbana. Evidentemente, estos indicadores son también función de la disponibilidad de datos y en otras ciudades se pueden proponer indicadores distintos.

Este trabajo ha tenido como resultado una nueva cartografía urbana donde se evalúa el potencial de cada calle y permite entrever las bases de una estructura metropolitana a una escala humana que une barrios y tejidos y no está subordinada a las vías segregadas. Esta metodología recopila muchos datos distintos que pueden ser muy útiles para apoyar a la toma de decisiones urbanísticas.

Asimismo, el estudio de las vías se extiende en su relación con un territorio de mayor escala, la Región Metropolitana de Barcelona. A partir del conocimiento desarrollado y los planes llevados a cabo en ese ámbito, proponemos posibles continuaciones del sistema de vías de escala metropolitana a la dimensión regional. De la misma manera, apuntamos a la posibilidad de relación con las vías segregadas en unas nodalidades que pueden ser la base de futuros desarrollos urbanos.

Esta línea de investigación es incipiente y se puede ampliar en muchas direcciones distintas. Creemos, por ejemplo, que sería de gran valor analizar la propuesta final de estructura metropolitana e inferir qué indicadores son los más determinante. Asimismo, esta metodología podría servir de cara al futuro para monitorizar el estado de compleción de las vías y el potencial de mejora restante de cada una de ellas.

7. Bibliografía

AMB, 2017. *La Bicivia, la xarxa metropolitana pedalable*. Àrea Metropolitana de Barcelona.

Appleyard, B., 1981. *Livable Streets*. Berkeley: University of California Press.

APUR, 2015. *Les boulevards de la métropole, une transformation engagée*. Note N°96. APUR Atelier Parisien d'Urbanisme.

Avanç del PDU, 2019. Document d'Avanç del PDU aprovat pel Consell Metropolità de l'AMB, el 27 de Març de 2019.

Buchanan, C., 1963. *Traffic in Towns: A Study of the Long Term Problems of Traffic in Urban Areas. Reports of the Steering Group and Working Group appointed by the Minister of Transport*. London: HMSO. 1963.

Calthorpe, P., 1993. *The Next American Metropolis*. New York: Princeton Architectural Press.

Corominas, M., 2017. Dels carrers a la modalitat o dels escacs al parxís. *QRU: Quaderns de Recerca en Urbanisme*, 7, 18-35.

Duarte, F. and Ratti, C., 2018. The impact of autonomous vehicles on cities: A review. *Journal of Urban Technology*, 25(4), 3-18.

Esteban, J., 2003. La Regió Metropolitana de Barcelona. *Revista Papers. Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona*, 39, 31-41.

Estrada, M., Roca-Riu, M., Badia, H., Robusté, F., y Daganzo, C.F., 2011. Design and implementation of efficient transit networks: procedure, case study and validity test. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 17, 113-135.

Font, A., 1997. Anatomía de una metrópoli discontinua: la Barcelona metropolitana. *Revista Papers. Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona*, 26, 9-19.

Freeman, L., 1977. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40, 35-41.

Gehl, J., 1971. *Life Between Buildings*. Copenhagen: Arkitektens Forlag.

Helsinki, 2013. *Helsinki City Plan 2050*. City Planning Department of Helsinki 2013.

Herce, M., 2009. *Sobre la movilidad en la Ciudad*. Barcelona: Editorial Reverté.

ICGC, 2011. Base Topogràfica de Catalunya 1 : 5.000. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

ICGC, 2013. Model d'elevacions del terreny de 5x5 m. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

IDOM, 2014. *Manual de disseny de les vies urbanes per a la mobilitat sostenible*. AMB Mobilitat, IDOM.

Jones, P., Boujenko, N., y Marshall, S. 2007. *Link & place: a guide to street planning and design*. London : Local Transport Today Ltd., 2007.

Liu, B., Yan, L., y Wang, Z. 2016. Reclassification of urban road system: integrating three dimensions of mobility, activity and mode priority. *Transportation Research Procedia*, 25 (2017), 627-638.

Llop, C., 2012. Paisajes metropolitanos: policentrismo, dilataciones, multiperiferias i micropерiferias. *Revista Papers. Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona*, 47, 8-13.

Llop, C., Carrasco, M., Calderon, A., Font A., Kourkoutas, K., Maristany, L., Mas, S., Batlle, E., Mayor, X., Ricci, M., Ceccarelli, P., Morgado, S., 2016. *Ciudades, territorios metropolitanos y regiones urbanas eficientes : estrategias y propuestas de proyecto para la regeneración de la Ciudad_Mosaico_Territorial después de la Explosión de la Ciudad : la Región Metropolitana de Barcelona como laboratorio* .Universitat Politècnica de Catalunya. Milenio Publicaciones.

Marshall, S., 2004. *Streets and patterns*. London: Routledge.

Mercardé, J., Magrinyà, F. y Cervera, M., 2019. Medidas de centralidad y escala intermedia: el potencial estructurante de la red viaria en el Vallés Oriental. *ACE: Architecture, City and Environment*, 13 (39), 11-36.

Navas, T., Clavera, G., Manenti, A., y Barnadas, M., 2017. *Identificació dels camins i carreteres històrics del territori de l'Àrea Metropolitana de Barcelona*. Veclus SL i AMB.

PMMU, 2019. Pla Metropolità de Mobilitat Urbana. Aprovació inicial pel Consell Metropolità de l'AMB, el 27 de Març de 2019.

PTMB, 2010. Pla territorial metropolità de Barcelona. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

Recio, J., Pretel, L. and Ortigosa, J., 2018. Public Transport Accessibility Measures and Urban Planning Implications in Barcelona's Metropolitan Area. *Transportation Research Board Conference*, Washington D.C.

Sevtsuk, A., Mekonnen, M., Kalvo, R., 2016. Urban Network Analysis. Toolbox for ArcGIS. Harvard University.

SRPD-AMB, 2017. Àrees de centralitat i innovació. *Quaderns PDU metropolità. Directrius Urbanístiques*. Servei de Redacció del Pla Director (C. Crosas y M. Jiménez), AMB.

SRPD-AMB, 2019a. Mobilitat i infraestructures del transport. *Quaderns PDU metropolità. Directrius Urbanístiques*. Servei de Redacció del Pla Director (J. Ortigosa, M. Gullón, y M. Villalante), AMB.

SRPD-AMB, 2019c. Infraestructura verda metropolitana. *Quaderns PDU metropolità. Directrius Urbanístiques*. Servei de Redacció del Pla Director (E. Batlle, A. Farrero, y A. Giocoli), AMB.

Zadeh, A.S.M, y Rajabi, M.A., 2013. Analyzing the effect of the street network configuration on the efficiency of an urban transportation system. *Cities*, 31, 285-297.

Zagorskas, J., 2016. GIS-based Modelling and Estimation of Land Use Mix in Urban Environment. *International Journal of Education and Learning Systems*, 1.

Zakharenko, R., 2016. Self-Driving Cars Will Change Cities. *Regional Science and Urban Economics*, 61, 26-37.